

Савчук И.В., Смолин Н.И., Серов А.И. Автоматизация расчетов токов короткого замыкания и потерь напряжения в системах электроснабжения и интеграция в САД систему

.....  
*Электронный научно-производственный журнал*  
**«АгроЭкоИнфо»**

=====  
УДК 621.311

**Автоматизация расчетов токов короткого замыкания и потерь  
напряжения в системах электроснабжения и интеграция в САД систему**

*Савчук И.В., Смолин Н.И., Серов А.И.*

*Государственный аграрный университет Северного Зауралья*

**Аннотация**

*Современное проектирование систем электроснабжения тесно связано с огромными объёмами данных, требующих быстрой и точной обработки, в целях обеспечения бесперебойной и надёжной работы системы. Для эффективной обработки таких объемов данных было разработано специализированное программное решение. Программа предоставляет возможность проверить точность выбранной аппаратуры защиты, кабельных линий и выявить ненадежные элементы в системе. Это позволяет инженерам убедиться в надежности и эффективности проектируемой системы электроснабжения, а также провести необходимые корректировки для обеспечения бесперебойной работы.*

**Ключевые слова:** АВТОМАТИЗАЦИЯ, РАСЧЕТ, ИНТЕГРАЦИЯ, НАПРЯЖЕНИЕ, СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, САД СИСТЕМЫ, АНАЛИЗ ДАННЫХ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

---

**Введение**

Эффективное использование данной программы является преимуществом в процессе проектирования системы электроснабжения. В отличие от аналогов, способных проводить расчеты токов короткого замыкания, данное программное обеспечение обладает дополнительными возможностями. В частности, оно экспортируется непосредственно в САД систему, что позволяет инженерам создавать однолинейные схемы системы электроснабжения (0,4 кВ) на основе полученных расчетных данных [1].

### Материалы и методы

В рамках разработанной программы расчеты токов короткого замыкания проводятся в соответствии с методикой, предложенной в работах Беляева А.В. [2]. Данная методика подробно описана в книге “Выбор аппаратуры защит и кабелей в сетях 0,4 кВ” [2] и представляет собой систематический и эффективный подход к проведению расчетов в системах электроснабжения напряжением до 1 кВ.

### Результаты исследований

Для работы в данной программе, в первую очередь, необходимо скачать образец Excel-файла, в котором заполняется структура системы электроснабжения со всеми отходящими линиями, выключателями и кабельными линиями, а также указывается мощность потребителей. Этот Excel-файл предоставляется непосредственно из программы, обеспечивая удобство и единообразие в процессе подготовки данных (рис. 1).

|    | A     | B                          | C                 | D     | H               | L     |
|----|-------|----------------------------|-------------------|-------|-----------------|-------|
| 1  | Номер | Наименование               | Кабель            | Длина | Расчет мощность | Бирка |
| 2  | 1     | СУ-0,4 кВ                  | ВВГнг(А)-LS 5x25  | 90    | 52,6            | СУЭ1  |
| 3  | 2     | ЩСУ-ПИК                    | ВВГнг(А)-LS 5x2,5 | 80    | 8,42            | ЩПК1  |
| 4  | 3     | Освещение.Q1               | ВВГнг(А)-LS 5x2,5 | 80    | 8,42            | ОМЭК  |
| 5  | 4     | ПР-0,4 кВ маш.             | ВВГнг(А)-LS 5x10  | 130   | 33,14           | ПР-10 |
| 6  | 5     | Эл.задвижка №1             | ВВГнг(А)-LS 5x1,5 | 78    | 5,26            | ЭЭ1   |
| 7  | 6     | Маслонасос №1              | ВВГнг(А)-LS 5x1,5 | 76    | 5,26            | МС1   |
| 8  | 7     | Вентилятор №1              | ВВГнг(А)-LS 5x1,5 | 74    | 5,26            | ВЕ1   |
| 9  | 8     | Отопление ЩСУ-КИП          | ВВГнг(А)-LS 5x2,5 | 65    | 13,15           | ОЩК   |
| 10 | 9     | ЕП-10                      | ВВГнг(А)-LS 5x6   | 100   | 21,04           | ЕП10  |
| 11 | 10    | Ввод ЩСН №1                | ВВГнг(А)-LS 5x4   | 45    | 16,83           | ЩСН1  |
| 12 | 11    | ЩСУ-ПИК стойка №2          | ВВГнг(А)-LS 5x2,5 | 70    | 13,15           | ЩПК2  |
| 13 | 12    | Прожektorная мачта №8      | ВВГнг(А)-LS 5x2,5 | 72    | 13,15           | ПМ8   |
| 14 | 13    | Отопление освещ.БГ         | ВВГнг(А)-LS 5x1,5 | 85    | 5,26            | ООБГ  |
| 15 | 14    | ЩСУ-ПИК стойка №3          | ВВГнг(А)-LS 5x2,5 | 70    | 13,15           | ЩПК3  |
| 16 | 15    | ЩАО НПВ КНС-10             | ВВГнг(А)-LS 5x2,5 | 130   | 5,26            | ЩНК   |
| 17 | 16    | Эл.задвижка №2             | ВВГнг(А)-LS 5x1,5 | 80    | 5,26            | ЭЭ2   |
| 18 | 17    | Маслонасос №2              | ВВГнг(А)-LS 5x1,5 | 82    | 5,26            | МС2   |
| 19 | 18    | СУ-0,4 кВ эл.калорифера №2 | ВВГнг(А)-LS 5x25  | 90    | 52,6            | СУЭ2  |
| 20 | 19    | Ввод ЩСН №2                | ВВГнг(А)-LS 5x4   | 44    | 16,83           | ЩСН2  |

Рис.1. Структура Excel-файла

После загрузки Excel-файла в программу пользователи переходят к важному этапу настройки. Сначала выбирается трансформатор, указывается его мощность и параметры соединения обмоток, чтобы обеспечить максимальную точность расчетов. Затем предоставляется выбор метода расчета, всплывающее окно предлагает две опции: “Расчет по реактансам ВН” или “Расчет ТКЗ ВН”. После того как метод выбран, пользователь вводит соответствующие данные, в зависимости от выбранной опции: реактансы или параметры токов короткого замыкания. Кроме того, внутри программы имеется функция

выбора фидеров, на которых присутствует двигательная нагрузка. Эти действия позволяют провести точные расчеты токов короткого замыкания, ударных токов и дать дополнительные рекомендации для обеспечения надежности системы электроснабжения [3].

После нажатия на кнопку "Старт", алгоритм получает входные данные через пользовательский интерфейс программы, после чего функция "read\_excel" (рис. 2) осуществляет сбор данных из файла Excel и включает их в базу данных, используя библиотеку "Pandas".

```
def read_excel():
    file_path = "ТКЗ.xlsx" # Путь к файлу Excel
    try:
        data = pd.read_excel(file_path) # Считываем данные из Excel файла
        return data
    except Exception as e:
        print(f"Произошла ошибка при чтении файла Excel: {e}")
        return None
```

Рис. 2. Код функции "read\_excel"

Далее алгоритм проводит расчеты реактивного сопротивления на стороне низкого напряжения (НН) и затем переходит к вычислению токов короткого замыкания (КЗ) и падения напряжения. Для практических расчетов коротких замыканий в системах электроснабжения допустимо пренебрегать активным сопротивлением сети и рассматривать ее исключительно как индуктивную. Исходя из этого, индуктивное сопротивление сети равно полному сопротивлению.

Затем алгоритм автоматически проверяет выключатели на предмет их работы при токах короткого замыкания и максимальной нагрузке, а также анализирует кабельные линии на предмет падения напряжения и устойчивости при максимальной нагрузке со стороны потребителей. Если какие-либо фидеры не соответствуют заданным условиям, программа выделяет их красным цветом и предоставляет возможность пользователю внести коррективы [4]. Это включает в себя изменение коэффициента кратности, номинала автоматического выключателя и сечения кабеля для улучшения соответствия требованиям. Этот процесс обеспечивает более полное и точное моделирование системы

Электронный научно-производственный журнал  
«АгроЭкоИнфо»

электроснабжения и дает инженерам возможность проводить расчеты и анализ с высокой степенью точности и контроля.

По завершению алгоритма формируется готовая база расчетов. Пользователи имеют возможность экспортировать эту базу в формате Excel с целью проведения более подробного анализа и документирования результатов.

В итоге, завершающими этапами является функция интегрирования однолинейных схем непосредственно в "AutoCAD" и заполнение схем данными. В начале этой функции, благодаря "insert\_block," вставляются однолинейные схемы в пространство модели "AutoCAD". Следующим шагом в работе алгоритма является функция "add\_val\_block," которая встраивает вычисленные данные из расчетов в уже размещенные блоки в пространстве модели "AutoCAD" (рис. 3).

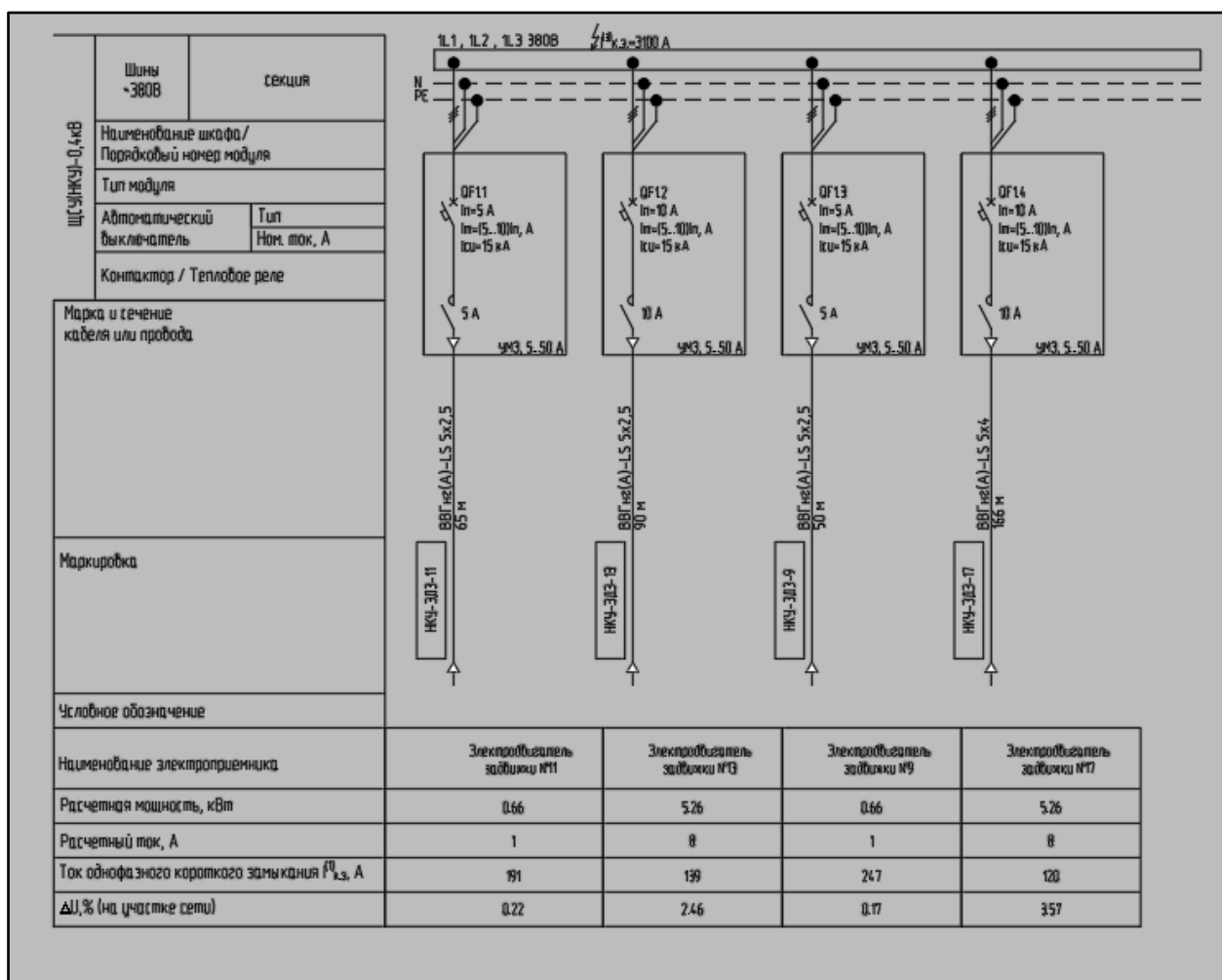


Рис.3. Однолинейная схема в пространстве модели "AutoCAD"

### Выводы

В данной работе были представлены ключевые этапы разработки программного решения для автоматизации проектирования систем электроснабжения. Рассмотрев детально процесс сбора данных из Excel, проведения расчетов и интеграции результатов в САД систему, можно заключить, что данное программное обеспечение значительно облегчает и ускоряет процесс проектирования [5]. Объединение всех этих этапов в единую систему обеспечивает более высокую точность и надежность выдаваемых проектных данных. В результате, данное программное решение становится мощным инструментом для инженеров, специализирующихся на проектировании систем электроснабжения.

### Список использованных источников:

1. Бхаргава А. Грокаем алгоритмы: иллюстрированное пособие для программистов и любопытствующих. – Санкт-Петербург: Питер, 2017. - С. 288.
2. Беляев А.В. Выбор аппаратуры, защит и кабелей в сетях 0,4кВ [Электрон. ресурс] // Библиотека электромонтера. – Выпуск 617. – Режим доступа: [https://vsdi.ru/f/1988\\_belyaev\\_a\\_v\\_vybor\\_apparatury\\_zaschit\\_i\\_kabelei\\_v\\_setyah\\_04\\_kv.pdf](https://vsdi.ru/f/1988_belyaev_a_v_vybor_apparatury_zaschit_i_kabelei_v_setyah_04_kv.pdf)
3. Кириллова Т.И. Компьютерная графика «Autocad» 2018: учебное пособие / Т.И. Кириллова, С.А. Поротникова, Н.В. Семенова; под общ. ред. доц., канд. техн. наук Н.В. Семеновой. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2019. - 224 с.
4. Габидулин В.М. Адаптация AutoCAD под стандарты предприятия. - М.: ДМК Пресс, 2016. - 203 с.
5. Фигурнов Е.П. Релейная защита. Ч.2. – М.: ГОУ «УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте», 2009. – 604 с.

### Цитирование:

Савчук И.В., Смолин Н.И., Серов А.И. Автоматизация расчетов токов короткого замыкания и потерь напряжения в системах электроснабжения и интеграция в САД систему [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 5. – Режим доступа: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/5/st\\_539.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/5/st_539.pdf). DOI: <https://doi.org/10.51419/202135539>.